

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-195791
 (43)Date of publication of application : 14.07.2000

(51)Int.CI.	H01L 21/027 G03F 7/11
(21)Application number : 11-375486	(71)Applicant : INFINEON TECHNOL NORTH AMERICA CORP
(22)Date of filing : 28.12.1999	(72)Inventor : CHIIAN RUU SHAOMIN IN

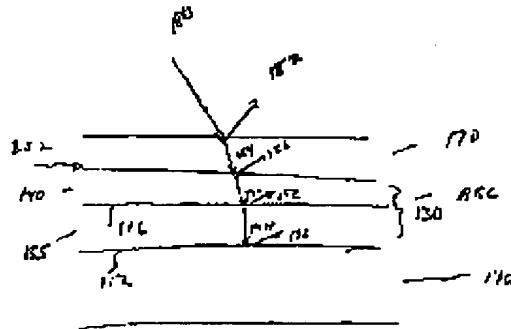
(30)Priority
 Priority number : 98 221092 Priority date : 28.12.1998 Priority country : US

(54) METHOD OF REDUCING RESIST REFLECTANCE IN LITHOGRAPHY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the control of important dimensions by depositing a multilayer ARC laminate layer which combines the absorption and diminishing interference modes together.

SOLUTION: An antireflective coat(ARC) layer 130 is formed on a substrate 110. This layer is a multilayer ARC layer composed of a first and second ARC layers 135, 140. The second ARC layer 140 is deposited on the first ARC layer 135 which is deposited on the substrate 110. A resist 170 is formed on the second ARC layer wherein the first ARC layer operates in the absorption mode and the second ARC layer operates in the diminishing interference mode, the refractive index of the second ARC layer is selected so as to minimize the reflection on the resist, the first ARC layer 135 has an adequate extinction coefficient k and wall thickness for absorbing lights and the coefficient k is about 0.2 or more, pref. 0.5 or more.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-195791

(P2000-195791A)

(43)公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51) Int.Cl.⁷
H 01 L 21/027
G 03 F 7/11

識別記号
H 01 L 21/30
G 03 F 7/11

F I
H 01 L 21/30
G 03 F 7/11

マークコード(参考)

5 7 4
5 0 3

審査請求 未請求 請求項の数46 OL (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平11-375486
(22)出願日 平成11年12月28日(1999.12.28)
(31)優先権主張番号 09/221092
(32)優先日 平成10年12月28日(1998.12.28)
(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 399035836
インフィニオン テクノロジーズ ノース
アメリカ コーポレーション
Infineon Technologies North America Corp
アメリカ合衆国 カリフォルニア サン
ホセ ノース ファースト ストリート
1730
(74)代理人 100061815
弁理士 矢野 敏雄 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リソグラフにおいてレジストの反射率を減少させる方法

(57)【要約】

【目的】 レジストにおける反射率を減少させるための吸收特性と減殺的干渉特性とを組合せた抗反射膜によって重要寸法を改善する。

【構成】 リソグラフにおけるレジストの反射率を減少させる方法において、吸收モードおよび減殺的干渉モードで動作する反射防止膜(A R C)を基板上に蒸着させ、かつレジスト層をA R C上に蒸着させる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 リソグラフにおけるレジストの反射率を減少させる方法において、
吸収モードおよび減殺的干渉モードで動作する反射防止膜(ARC)を基板上に蒸着させることと、
レジスト層をARC上に蒸着させること、とから成るリソグラフにおけるレジストの反射率を減少させる方法。

【請求項2】 ARCの蒸着がさらに、
吸収モードで動作する第1ARC層を蒸着することと、
減殺的干渉モードで動作する第2ARC層を蒸着することと、とから成る請求項1に記載の方法。

【請求項3】 レジストを第2ARC層の上に蒸着する請求項2に記載の方法。

【請求項4】 第1ARC層がレジストをパターン化するための露光源からの光を実質的にすべて吸収することができる請求項3に記載の方法。

【請求項5】 第1ARC層がレジストをパターン化するための露光源からの光を実質的にすべて吸収することができる消弧係数(k)および肉厚から成る請求項4に記載の方法。

【請求項6】 第1ARC層が少なくとも0.2のkから成る請求項5に記載の方法。

【請求項7】 第1ARC層が少なくとも0.5のkから成る請求項6に記載の方法。

【請求項8】 レジストをパターン化するための露光源からの光が第2ARC層の下表面及び上表面により生じる界面で生成する反射率を生じ、第2ARC層が反射率の強度差を所望のレベルに減少させて、レジストで受容可能な反射が減殺的干渉によって達成される請求項5に記載の方法。

【請求項9】 レジストをパターン化するための露光源からの光が第2ARC層の下表面及び上表面により生じる界面で生成する反射率を生じ、第2ARC層が反射率の強度差を最小にして、レジストでの反射が減殺的干渉によって最小化される請求項5に記載の方法。

【請求項10】 レジストをパターン化するための露光源からの光が第2ARC層の下表面及び上表面により生じる界面で生成する反射率を生じ、第2ARC層が反射率の強度を相互にほぼ等しくさせて、レジストにおける約ゼロの反射が減殺的干渉によって達成される請求項5に記載の方法。

【請求項11】 第1ARC層が無機ARCから成る請求項10に記載の方法。

【請求項12】 第1ARC層が誘電性ARCから成る請求項10に記載の方法。

【請求項13】 第1ARC層が後続のプロセスにおいて安定性を維持する反射防止材料から成る請求項10に記載の方法。

【請求項14】 第1ARC層が有機ARCから成る請求項10に記載の方法。

【請求項15】 第2ARC層が反射率の強度の差を所望のレベルに減少させる屈折率から成る請求項11、12または14に記載の方法。

【請求項16】 第2ARC層が反射率の強度の差を最小にする屈折率から成る請求項11、12または14に記載の方法。

【請求項17】 第2ARC層が反射率の強度をほぼ等しくする屈折率から成る請求項11、12または14に記載の方法。

【請求項18】 第2ARC層が無機ARCから成る請求項15に記載の方法。

【請求項19】 第2ARC層の屈折率が第2ARC層の下層の屈折率および上層の屈折率に従属する請求項18に記載の方法。

【請求項20】 第2ARC層の屈折率が $n_x = (n_{x-1} n_R)^{1/2}$ (n_x は第2ARC層の屈折率の実数部、 n_{x-1} は第2ARC層下層の屈折率の実数部、 n_R は第2ARC層上層の屈折率の実数部) にはほぼ等しい請求項19に記載の方法。

【請求項21】 第2ARC層の減殺的干渉が相互の位相ずれを反射率に起こさせて減殺的消去をもたらす請求項20に記載の方法。

【請求項22】 第2ARC層の減殺的干渉が相互に約180°の位相ずれを反射率に起こさせて減殺的消去をもたらす請求項21に記載の方法。

【請求項23】 反射率の減殺的消去をもたらすように第2ARC層の肉厚を選択する請求項22に記載の方法。

【請求項24】 第2ARC層の肉厚が約 $\lambda / 4 n_x$ (λ は露光源の波長、 n_x は第2ARC層の屈折率) の肉厚から成る請求項23に記載の方法。

【請求項25】 第2ARC層が無機ARCから成る請求項16に記載の方法。

【請求項26】 第2ARC層の屈折率が第2ARC層の下層の屈折率および上層の屈折率に従属する請求項25に記載の方法。

【請求項27】 第2ARC層の屈折率が $n_x = (n_{x-1} n_R)^{1/2}$ (n_x は第2ARC層の屈折率の実数部、 n_{x-1} は第2ARC層下層の屈折率の実数部、 n_R は第2ARC層上層の屈折率の実数部) にはほぼ等しい請求項26に記載の方法。

【請求項28】 第2ARC層の減殺的干渉が相互の位相ずれを反射率に起こさせて減殺的消去を產生する請求項27に記載の方法。

【請求項29】 第2ARC層の減殺的干渉が相互に約180°の位相ずれを反射率に起こさせて減殺的消去をもたらす請求項28に記載の方法。

【請求項30】 選択されて反射率の減殺的消去をもたらすように第2ARC層の肉厚を選択する請求項29に記載の方法。

【請求項31】 第2ARC層の肉厚が約 $\lambda / 4 n_x$ (λ は露光源の波長、 n_x は第2ARC層の屈折率)の肉厚から成る請求項30に記載の方法。

【請求項32】 第2ARC層が無機ARCから成る請求項17に記載の方法。

【請求項33】 第2ARC層の屈折率が第2ARC層の下層の屈折率および上層の屈折率に従属する請求項32に記載の方法。

【請求項34】 第2ARC層の屈折率が $n_x = (n_{x-1} n_R)^{1/2}$ (n_x は第2ARC層の屈折率の実数部、 n_{x-1} は第2ARC層下層の屈折率の実数部、 n_R は第2ARC層上層の屈折率の実数部) にはほぼ等しい請求項33に記載の方法。

【請求項35】 第2ARC層の減殺的干渉が相互の位相ずれを反射率に起こさせて減殺的消去をもたらす請求項34に記載の方法。

【請求項36】 第2ARC層の減殺的干渉が相互に約180°の位相ずれを反射率に起こさせて減殺的消去をもたらす請求項35に記載の方法。

【請求項37】 選択されて反射率の減殺的消去をもたらすように第2ARC層の肉厚を選択する請求項36に記載の方法。

【請求項38】 第2ARC層の肉厚が約 $\lambda / 4 n_x$ (λ は露光源の波長、 n_x は第2ARC層の屈折率)の肉厚から成る請求項37に記載の方法。

【請求項39】 第2ARC層が有機ARCから成る請求項11から14までのいずれか1項に記載の方法。

【請求項40】 第2ARC層が有機ARCからなり、有機ARCがレジストの中毒を回避する請求項39に記載の方法。

【請求項41】 第2ARC層が所望のレベルまで減少したレジストの反射をもたらす屈折率から成る請求項40に記載の方法。

【請求項42】 第2ARC層がレジストの最小反射をもたらす肉厚から成る請求項40に記載の方法。

【請求項43】 第2ARC層がレジストのほぼゼロ反射をもたらす肉厚から成る請求項40に記載の方法。

【請求項44】 第2ARC層の肉厚が第1次導関数、 $\delta I / \delta d$ (I はレジストにおける光の強度に等しく、 d は第2ARC層の肉厚) によって得られる請求項43に記載の方法。

【請求項45】 第2ARC層の肉厚を方程式、 $4\pi R e(n)d/\lambda - \phi_1 + \phi_2 = m\pi$ ($m = 1, 2, \dots, \infty$) (n は第2ARC層の屈折率、 d は第2ARC層の肉厚) を d について解くことによって得る請求項44に記載の方法。

【請求項46】 m が1に等しく選択された請求項45に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は集積回路の製作に関し、より詳細にはパターン作成時における重要寸法(CD)の制御を改良することに関する。

【0002】

【従来技術】 半導体の集積回路(IC)の構成では、フィーチャ(features)が基板上に作成される。これらのフィーチャは、たとえばトランジスタ、キャパシタおよび抵抗体などのデバイスに相当する。そして、これらのデバイスが相互結合されて所望の電気的機能を達成する。

【0003】 デバイスを形成するために、基板上に複数の層が反復蒸着され、所望のパターンが形成される。リソグラフ法がデバイス層(複数層を含む)のパターン形成に利用される。かかる方法は露光源を用いてマスクからの光像を基板表面に形成したフォトレジスト(レジスト)層上に投影する。光がレジスト層を照明し、所望のパターンで露出させる。ポジ型レジストを使用するかネガ型レジストを使用するかによって、レジスト層の露光部または非露光部が除去される。レジストで保護されていない部分に、次に、たとえばエッチングによって基板にフィーチャを形成する。

【0004】 フィーチャの寸法はリソグラフ系の解像能力に左右される。リソグラフ系の所与の世代によって達成されるフィーチャの最小寸法(F)をリソグラフ基本寸法(GR)と呼ぶ。制御の必要がある重要寸法(CD)は最小フィーチャ寸法と呼ばれる。これには、たとえば線幅、間隔および接点幅が含まれる。

【0005】 レジスト層への光の変化のために、CDにおけるばらつきが生じる。CDにおけるばらつきの制御(CD制御)は特に、劇的に縮小するGR(たとえば、0.25ミクロンまたはそれ以下)に伴い、重要な問題となる。CD制御はレジストの下に反射防止膜(ARC)を使用して、基盤層によって引き起こされるレジストへの反射率の変動を減少させることで促進される。

【0006】 ARCは2つの動作モードの1つで用いられ、レジストへの反射率変動を防止する。第1のモードは吸収であり、第2モードは減殺的干渉である。

【0007】 吸收モードでは、ARCが通過する光を吸収する。この方法で、散乱光を最小にしてレジストの望ましくない露光を回避する。ARCは光を完全に吸収する適宜な消滅係数(k)と肉厚を有する必要がある。光を完全に吸収するために必要なkと肉厚は露光源の波長に依存して異なる。所与の波長で所定量の光を完全に吸収するためには、kが大きいほど薄いARCを必要とする。反対に、kが小さければ、所与の波長で所定量の光を完全に吸収するためには厚いARCを必要とする。たとえば、約0.5のkは248ナノメートル(nm)の光を完全に吸収するためには、約1000ÅのARC肉厚を必要とする。

【0008】 減殺的干渉モードでは、ARCの底表面の

界面で生じた反射率はARCの上表面の界面で生じた反射率の位相に関し位相ずれしている。反射率を相互にはほぼ位相ずれさせることによって、反射率が打ち消しあう（減殺的干渉）。

【0009】慣例的に、種々の有機および無機ARCが用いられる。有機ARCには、たとえば現在AR₂およびAR₃としてShipley Companyから市販されている化合物が含まれる。無機ARCには、たとえば窒化ケイ素、オキシ窒化ケイ素、水素化オキシ窒化ケイ素、窒化チタン、無定形ケイ素、シリコンカーバイト、無定形炭素が含まれる。

【0010】有機ARCは通常スピノンオンプロセスによって蒸着される。有機ARCは所与のARCポリマー系につき相対的に一定の反射率および染料負荷を有する。異なる有機ARCは異なる反射率を有する。ARC/レジスト界面における反射率を減少させるために、有機ARCの反射率をレジストの反射率に適合させることは、特に吸収モードでARCを使用する場合に望まれる。有機ARCは比較的一定の反射率を有するので、著しい基板膜の肉厚変動がある場合には、通常吸収モードだけが用いられる。

【0011】標準的に、ARCの下の膜積層は、たとえば膜蒸着または化学機械研磨(CMP)などの加工に由来する著しい肉厚変動を有する。肉厚変動によって引き起こされる効果を抑制するために、厚い有機ARCが要求される。厚い有機ARCの利用によりその結果として、ARCのオープンプロセス中のエッチングマスクとして充分に機能する厚いレジストが必要となる。レジストが厚いほど、焦点深度の劣化、特に細かなGR(たとえば、0.25μm以下)での劣化に繋がり、プロセスウインドーが狭くなる。この事実が、たとえば0.25μm以下でのGRのプロセスに有機ARCを利用する魅力を少なくしている。

【0012】一方、無機ARCは、有機ARCに関連した欠点を持たないために、ますます普及してきた。その上、無機ARCは調整特性、欠陥の低レベル、良好なコントローラブル性およびレジストに対する高いエッチング選択性など、ある種の利点を有する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】無機ARCはいずれのモードでも用いられるが、減殺的干渉モードで好んで使用される。これは吸収モードで動作する充分高いkを有する無機ARCは通常、レジストの屈折率に符合しない屈折率を有するからである。細かなGRでは、屈折率の不整合で創出された定常波は明らかにパターンの望ましくない劣化をもたらす。

【0014】減殺的干渉モードで動作する場合に、減殺的消去を生むためには、理想的には不透明材料または極めて均一な透明材料上に無機ARCを形成する。ケイ酸ガラスなど透明材料が無機ARCの下部にある場合で

は、透明材料の肉厚変動が反射率強度の不均一性を創出する。このことが減殺的干渉効果の利用を難しくしている。

【0015】通常ケイ酸ガラスなどの肉厚変動の大きな透明材料で下層を構成なので、減殺的干渉モードが提起する制約によって、良好なCD制御を有する無機ARCプロセスを提供する上でいくらかの困難が創出される。さらに、無機ARCは、いくつかの場合において、上層のレジストを汚染する(レジスト中毒)。レジスト中毒を避けるために酸化ケイ素(SiO₂)などのキャップ層が必要である。レジストとキャップ層との間の屈折率の不整合がレジストに定常波効果を創出し、CD制御に悪影響を与える。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明はリソグラフにおける改良されたCD制御に関する。一実施態において、リソグラフにおけるCD制御の改良は多層ARC積層を用いることで達成される。多層ARC積層は吸収モードおよび減殺的干渉モードで動作する第1および第2のARC層からなる。一実施態において第1ARC層は吸収モードで動作し、第2ARC層は減殺的干渉モードで(レジストの反射率を減少させるように)動作して、重要寸法の制御が改善される。

【0017】本発明は半導体の加工に関する。具体的にはCD制御の改良に関し、それによって広範囲なリソグラフプロセスウィンドウを創出する。本発明ではCD制御の改良は、吸収および減殺的干渉モードと一緒に結合する多層ARC積層を提供することによって達成される。

【0018】

【実施例】図1は本発明の1実施例に拠るARCを示す。図示のように、ARC層130は半導体基板110とレジスト層170との間に生成される。レジスト層は、たとえばリソグラフに用いられる任意の通常のレジストから成る。かかるレジストはポジ型またはネガ型のいずれかである。

【0019】半導体基板は、たとえばシリコンウェーハから構成される。ガリウムヒ素、ゲルマニウム、絶縁体担持シリコン(SOI)あるいは他の種類の基板、あるいは他の半導体または非半導体材料も有用である。基板はプロセス流における種々の段階に存在する。たとえば、基板はプロセス流の初期段階にあってよいか、あるいは部分的に加工されてフィーチャを含む(図に示していない)。フィーチャは、たとえばダイナミックランダムアクセスメモリ(DRAM)などの集積回路(IC)、あるいは他の種類のICまたは電子機械デバイスまたは機械的デバイスの形成に利用される。議論のために、用語「基板」は一般的にプロセス流の任意の段階に存在しうる基板をさす。

【0020】ARC層130は基板上に作成される。図

に示すように、ARC層は多層ARC積層から成る。1実施態では、多層ARC積層は第1ARC層135および第2ARC層140から成る。第2ARC層140は第1ARC層135の上に形成される。第1ARC層135は基板110の上に形成される。第2ARC層の上にレジスト170が生成される。ARC層の1つは吸収モードで動作し、他方のARCは減殺的干渉モードで動作してCD制御を改良する。1実施態では、第1ARC層は吸収モードで動作し、第2ARC層は減殺的干渉モードで動作する。

【0021】第2ARC層の屈折率はレジストにおける反射を減じるように選択される。1実施態では、屈折率はレジストにおける反射を最小にするように選択される。レジストにおける反射の減少は、第2ARC層の上表面での界面からの反射率と下表面での界面からの反射率とをずれた位相に維持しながら、これらの両反射率の強度差を減少させることで達成される。反射率の強度の差がゼロに接近するにつれ、レジストにおいてゼロに接近する反射が得られる。反射率の振幅が正確にゼロに等しければ、レジストにおける反射がゼロになる。反射率の強度の差を減少または最小にすることにより減殺的干渉効果を増加または最適化することができる。

【0022】1実施態では、第1ARC層は吸収モードで動作する。第1ARC層は光を吸収する適當な消光係数(k)および肉厚から成る。1実施態では、ARCは約0.2以上のk、好ましくは0.5以上、より好ましくは1.0以上のkから成る。別の実施態では、ARCは1.5以上のkから成る。

【0023】第1ARC層の肉厚は、所与のkおよび光量につき、光が充分に吸収されるのを確実にすることにより選択される。一般的に、肉厚は約5~150nmである。肉厚は当然のことながら、異なる用途では異なるkに依存して変動する。

【0024】1実施態では、第1ARC層は吸収モードで動作する無機ARCから成る。無機ARCは誘電ARC(DARC)から成る。DARCは、たとえばシリコンオキシ窒化物、水素化シリコンオキシ窒化物、シリコンカーバイト、或いは露光源の所与の波長につき吸収モードで動作するほかの誘電性抗反射材から成る。1実施態では、DARCはシリコンオキシ窒化物からなる。チタン窒化物、無定形シリコン、無定形炭素、或いは露光源の所与の波長につき吸収モードで動作する他の無機抗反射材などの無機ARCを使用することも第1ARC層の形成に有用である。標準的に、無機第1ARC層はレジストに対し高いエッティング選択性を有し、大きなkを持つように調整することができる。このことは比較的薄い第1ARC層の使用が可能になるので有利である。

【0025】第1ARC層は、化学蒸着法(CVD)または物理蒸着法などの通常の蒸着方法を用いて基板上に形成される。その他の蒸着法も有用である。

【0026】第2ARC層140は第1ARC層135の上に蒸着される。本発明の実施態では、第2ARC層140は減殺的干渉モードで動作する。

【0027】レジストは第2ARC層の上に形成される。任意の通常のレジスト材を使用することができる。レジストは通常の方法で形成される。レジストの肉厚はARCオープンプロセスおよび基板エッチングのエッチングマスクとして充分に機能することができる肉厚である。標準的には、レジスト層の肉厚は約0.2~10μmである。

【0028】既に説明したように、多層ARC積層は吸収特性と減殺的干渉特性を結合してレジスト層内の反射率を減少させる。

【0029】第2ARC層の下表面と上表面により形成される界面132および116における材料間の屈折率の差に起因して、反射率が生じる。これらの反射率はレジストを通過するか、或いは反射される。

【0030】レジストで得られる反射は反射率の強度の差と直接的な関係がある。反射率の強度の差が小さくなると、小さな反射がレジストで生じる。レジストでの反射許容レベルは設計基本則及びプロセスパラメータに依存して変化する。

【0031】1実施態では、第2ARC層がその上表面および下表面での界面により生じる反射率間の差を減少させて、レジストにおける反射の減少を達成する。この差は所望のレベルに減少されて、レジストにおいて許容される反射が達成される。第2ARC層はその上表面および下表面での界面により生じる反射率間の差を最小にして、レジストにおける反射を最小にするのが好適である。さらに好ましくは約ゼロの反射が達成されうるように、第2ARC層がほぼ同じ強度を有する反射率を產生する。

【0032】1実施態では、第2ARC層は減殺的干渉モードで動作する無機ARCから成る。無機ARCは1実施態においては、誘電性ARC(DARC)から成る。DARCは、たとえばシリコンオキシ窒化物、シリコンオキシ窒化物、水素化シリコンオキシ窒化物、或いは他の誘電性反射防止材料から成る。1実施態では、第2DARC層はシリコンオキシ窒化物からなる。チタン窒化物、無定形シリコン、無定形炭素、或いは減殺的干渉モードで動作する他の無機反射防止材料などの無機ARCを使用することもできる。第2ARC層の形成は通常の方法で行われる。

【0033】1実施態では、第2無機ARCの屈折率はその上表面および下表面での界面によって生じる反射率間の差を減少させるように選択されて、レジストにおける反射の減少が達成される。第2ARC層の屈折率は反射率間の差を所望のレベルまで減少させるように選択されて、レジストにおける許容可能な反射が達成される。第2ARC層の屈折率がその上表面および下表面での界

面によって生じる反射率間の差を最小にするように選択されて、レジストにおける反射が最小になりうるのが好適である。さらに好ましくは、第2 ARC層の屈折率がほぼ同じ強度を有する反射率を生じるように選択され、約ゼロの反射が達成される。

【0034】第2 ARC層の屈折率は、本発明の1実施態では、上層および下層の屈折率に依存する。1実施態では、第2 ARC層はほぼ次式に等しい屈折率から成る。

【0035】

$$n_x = (n_{x-1} n_R)^{1/2} \quad (1)$$

上式中、 n_x はレジスト層下の第2 ARC層屈折率の実数部、 n_{x-1} は第2 ARC層下層の第1 ARC層屈折率の実数部、 n_R は第2 ARC層上のレジスト層屈折率の実数部である。上記の式は二次反射が無視できると仮定して1次反射だけを考慮している。

【0036】上記の式(1)に拠る屈折率を持つ第2 ARC層の形成はその上表面および下表面での界面によって生じた反射率間の差を最小にする。その結果、レジスト層における反射率はほぼ同じ強度を持つ。これがレジストにおける最小反射を可能にする。第2層ARCの屈折率が式(1)から偏向することに留意すべきである。レジストにおける反射許容レベルなどの設計上の要件に依存して、第2 ARC層の屈折率の値は式(1)からいくらくか偏向する。

【0037】 k が n に依存するように、第2 ARC層の k は n が選択されると規定される。標準的に、第2 ARC層の選択された n の値は比較的低い k 値をもたらす。これによって、第2 ARC層への反射強度が影響を受けないか、或いは影響を無視できることが確実になり、第2 ARC層を充分に低い k 値で構成することができる。1実施態では、第2 ARC層は0.5未満、好ましくは0.3未満の k 値で構成される。

【0038】第2 ARC層は減殺的干渉モードで動作するように構築される。第2 ARC層を減殺的干渉モードに構築することによって、その上表面からレジスト層内に反射された光と第2 ARC層を経由して上方に反射されたレジスト内の光とが減殺的に重複する。その結果、光は相互に消去し合う。

【0039】1実施態では、第2 ARC層は減殺的干渉モードで動作するために適当な肉厚で構成される。第2 ARC層の肉厚によって、その下表面で界面からの反射が起き、上表面が相互に 180° ずれて減殺的消去が生じる。1実施態では、第2 ARC層の肉厚は約 $\lambda/4 n_x$ である (λ は露光源の波長、 n_x は第2 ARC層の屈折率)。

【0040】適切な屈折率および肉厚を選択することによって、第2 ARC層はほぼ同じ強度を有し、位相が適切にずれ、相互に消去し合う反射率をレジスト中に產生する。この結果、リソグラフ中のCD制御が改良される

ことになる。

【0041】操作において、露光源からの光が選択的にレジスト層を露出させて所望のパターンをレジスト上に生成させる。光180のビームがレジスト170の表面に衝突するので、光の部分182が表面から反射され、部分184がレジスト170内に透過する。

【0042】透過した部分184はレジスト170と第2 ARC層140によって形成される界面132に衝突するので、光の部分184のうちの部分186が反射され、部分190は第2 ARC層140を通って透過する。

【0043】光の部分190は第2 ARC層140と第1 ARC層135によって形成される界面116に衝突する。この衝突によって、部分192の反射および光の部分194の第1 ARC層135を通過しての透過が生じる。第1 ARC層は吸収モードで動作するので、透過した部分194のすべてまたは実質的にすべての光が吸収される。光の部分194のうち残存する部分196は第1 ARC層135と基板110との界面112で反射されて第1 ARC層によって吸収される。

【0044】光の部分192は第2 ARC層を経由して上方に移動する。減殺的干渉モードで動作する第2 ARC層は部分192の光を吸収しない。このように、部分192は界面132を通過してレジスト層内に達する。

【0045】本発明の1実施態に拠って選択された第2 ARC層の屈折率に起因して、界面を通過してレジスト層内に達する部分192の強度は反射された部分186の強度にはほぼ等しい。第2 ARC層の肉厚を適当に選択することによって、反射された部分186および192は減殺的に重複し、相互に消去または実質的に消去し合う。したがって、レジスト中の反射率を減少することによって、CD制御の改良が達成される。

【0046】本発明の別の実施態に拠れば、多層ARC積層130は第1 ARC層と第2 ARC層135および140とから成り、それぞれ吸収モードおよび減殺的干渉モードで動作する。

【0047】第1 ARC層は吸収モードで動作するので、層内で光を充分吸収する k および肉厚を有する。1実施態では、ARCは0.2以上、好ましくは0.5以上、さらに好ましくは1.0以上の k から成る。別の実施態では、ARCは1.5以上の k で構成される。第1 ARC層の肉厚は、所与の k および光量につき光を充分に吸収することが確実な厚みである。一般的に、肉厚は約5~150nmである。当然ながら、肉厚は異なる用途および異なる k で変化する。

【0048】1実施態では、第1 ARC層は吸収モードで動作する無機ARCから成る。無機ARCは、たとえば誘電性ARC(DARC)から成る。1実施態では、DARCはシリコンオキシ窒化物から成る。所与の露光源波長につき吸収モードで動作するその他の無機反射防

止材料も有用である。

【0049】別法として、第1ARC層は有機ARCからなる。有機第1ARC層は、好ましくは第2ARC層よりも大きなk値で構成される。その上、所与の露光源波長につき吸収モードで動作し、以後のプロセス、たとえば第2ARC層およびレジストの蒸着などにおいて、安定である反射防止材料が有用である。

【0050】第1ARC層は化学蒸着法(CVD)、物理蒸着法などの通常の蒸着方法を用いて基板上に形成される。スピンドルなどその他の蒸着方法も、ARC材料によって有用である。

【0051】レジスト170の下層で、かつ第1ARC層135の上層の第2ARC層140は減殺的干渉モードで動作する。1実施態では、第2ARC層は有機ARCから成る。Shipley社からのBAR-Lなど種々の種類の有機ARCが第2ARC層の形成に有用である。有機ARC層は、スピンドルコーチングなど種々の通常の蒸着法によって蒸着される。第2ARC層として有機ARCを使用することによりレジスト中毒の潜在的な問題を回避することができ、キャッピング層を付与する必要性がなくなる。したがって、キャッピング層に関連した定常波効果を回避することができる。レジスト中毒が問題を提起しない場合には、無機ARCが第2ARC層として用いられる。

【0052】第2ARC層はその下表面での界面116からと上表面での界面132からの反射率を産生する。これらの反射率はレジストを介して通過または反射される。

【0053】nおよび肉厚などの第2ARC層のパラメータは上表面および下表面の界面で産生される反射率間の差を減少させるように選択されるので、レジストにおける反射の減少が減殺的干渉によって達成される。この差はレジストにおける許容可能な反射が減殺的消去によって達成されるような所望のレベルまで減少される。好ましくは、第2ARC層はその上表面および下表面での界面で生じる反射率間の差を最小にして、レジスト内の反射を減殺的消去によって最小にする。さらに好ましくは、第2ARC層はほぼ同じ強度の反射率を産生して、ほぼゼロの反射を減殺的消去によって達成する。

【0054】第2ARC層の上表面および下表面での界面を始原とする反射率は第1および第2ARC層とレジストとの屈折率に依存する。この事実から、ARC層お

$$R_{170} = (r_{170} + r_{140}) / (1 + r_{170} \times R_{140}) \quad (2)$$

$$R_{140} = (r_{140} + r_{135}) / (1 + r_{140} \times r_{135}) \quad (3)$$

$$r_{135} = (r_{135}) \exp(i 2 k_{135} d_{135}) \quad (4)$$

上式中、dはそれぞれの層の肉厚、kはそれぞれの層の波数、rはそれぞれの層の反射係数を表す。波数は次式

$$k = 2\pi n / \lambda$$

式中、nはそれぞれの層の複素屈折率、λは露光源の波

およびレジストの屈折率と肉厚はARC積層から所望の効果を産生するために選択することができる变数である。

【0055】標準的に、第1および第2ARC層の屈折率と第1ARC層の肉厚はARCの種類および動作モードを基準にして選択される。たとえば、第1ARCは吸収モードで動作する。第1ARC層が無機ARCから成る場合には、nはkの値に従属する。標準的に、大きなkが薄いARC層の使用を可能にするためには望ましい。このことは、通常kが第1ARC層の肉厚パラメータを基準に選択されることを意味する。nがkに従属するので、kの選択は無条件にnを規定する。有機ARCに関しては、nおよびkは有機ARCの所与の種類につき一定である。特殊な種類の有機ARCを選択して使用することによって、nに幾つかの融通性がある。無機ARCから成る第2ARC層を利用することにもこの融通性が存在する。レジストに関しては、n、kおよび肉厚は使用する所与のレジストの種類につき固定される。レジストパラメータの融通性は使用するレジストの種類の選択にある。たとえば、nはレジストの種類により1.4～2.0の範囲にことができる。

【0056】所与の第1および第2ARC層とレジストにつき、第2ARC層の肉厚は減殺的干渉を引き起こすように選択される。1実施態では、第2ARC層の肉厚は第2ARC層の下表面および上表面での界面からの反射率が減殺的消去を生じるように選択される。1実施態では肉厚は第2ARC層の下表面および上表面での界面からの反射率が相互に約180°の位相ずれを起こすように選択される。1実施態では、肉厚は第2ARC層の下表面での界面を始原とする反射率が、第2ARC層の上表面での界面を始原とする反射率に比べ、約180°の位相ずれを起こすように選択される。

【0057】反射率の強度の差が減少するので、第2ARC層によって創出された減殺的干渉がレジストにおける反射を減少させる。

【0058】反射光の強度は一般に次式で表される。

$$I = R \times R^* \quad (1)$$

上式中、Iは強度、Rは物質反射、R*は物質反射の逆を表す。図1に示した多層ARC積層では、垂直入射角($\theta = 90^\circ$)を有する下付添字で示されたそれぞれの層の反射は次式で表される。

【0060】

$$(2)$$

$$(3)$$

$$(4)$$

で与えられる。

【0061】

$$(5)$$

長を表す。それぞれの層の反射係数は次式で表される。

【0062】

$$r = (n_x - n) / (n_x + n) = \text{abs}(r) \exp(i\phi) \quad (6)$$

式中、 n_x はそれぞれの層の下層についての複素屈折率を表し、 n はそれぞれの層の複素屈折率、 ϕ は減殺的干渉反射率の等しくない振幅に由来する位相ずれファクタで多層ARC積層のARC層およびレジスト層の屈折率の関数である。

【0063】既に説明したように、目標はレジスト層に

$$I = r_{170} \times r_{170*} = \min(I) \quad (7)$$

所与のレジストでは、 I はパラメータ d_{140} 、 n_{140} 、 k_{140} 、 n_{135} および k_{135} の関数である。第2ARC層の最適肉厚は次式の1次微分で得られ

$$\delta I / \delta d_{140} = 0$$

方程式(8)をゼロに設定することで、レジストにおける最小またはゼロ反射が得られる。 d_{140} を解いて、最小反射を生じる第2ARC層の肉厚が得られる。

$$4\pi R e(n_{140}) d_{140} / \lambda + \phi_1 - \phi_2 = m\Pi \quad (m=1, 2, \dots, \infty) \quad (9)$$

上式中、 $R e(n_{140})$ は第2ARC層の屈折率の実数部、 d_{140} は第2ARC層の肉厚、 λ は露光源の波長、 ϕ_1 、 ϕ_2 は式(6)で定義され、 ϕ_1 は第1ARCと第2ARCとの間、 ϕ_2 はレジストと第2ARCとの間の位相ずれファクタであり、 m は最小反射の出現を表す。

【0068】方程式(9)を第2ARC層の肉厚(d_{140})で解くと、特定有機ARCの n は一定であるので、レジスト層における最小反射が得られる。方程式の性質は減衰調和方程式であり、レジスト層における最小反射率を与える種々の肉厚を算出する。しかしながら、第2ARC層の肉厚に関しては、最小値を選択することが望ましい。最小値がARCオープンプロセスでのレジスト消費を削減するからである。

【0069】肉厚 d_{140} が決定すると、レジストと第2ARCとの界面での最小反射光は方程式(7)をゼロと置いて求められる。

$$I = R_{170} \times R_{170*} = 0$$

第1ARC層、もしくは第2ARC層のいずれかの最適屈折率を決定することができる。たとえば、コンピュータシミュレーションを利用して、最適屈折率が求められる。

【0071】上記の記述から多層ARC積層がレジストにおける反射を減少するように最適化されて、CD制御が改良されることが判る。異なるARC層およびレジストの所与の屈折率につき、減殺的干渉で動作するARC層の最適肉厚をレジストにおける反射が最小になるよう決定することができる。さらに、特定の層につき特定の屈折率を選択することで、所望の肉厚要件および光学的特性を有するARC積層を作出することができる。

【0072】例

本発明の1実施態に拠るARC積層を用いてレジストに

おける反射を減少または最小にすることである。上記式(1)からレジスト層における光の強度(I)は反射を減少することによって減少させることができる。レジスト層における最小反射率は I がゼロに接近するにつれて達成され、次式で表される。

【0064】

$$(7)$$

10 る。

【0065】

$$(8)$$

【0066】方程式(8)から次式が得られる。

【0067】

$$(9)$$

20 おける反射率を決定するシミュレーションを行った。ARC積層は第1および第2ARC層で構成した。第1ARC層は n が 0.28、 k が 0.56 の肉厚 70 nm の誘電性ARCからなり、吸収モードで動作した。第2ARC層は n が 1.77、 k が 0.24 の無機ARCから構成した。レジスト/ARC界面での反射率を第2ARCの肉厚の関数として図2に示す。図2からレジスト/ARC界面での最小反射率は第2ARC層が約 48 nm、115 nm および 180 nm の肉厚であるときに達成されることが判る。このように、第1および第2ARCに関する適切な n および k の値と第2ARCの肉厚とを選択してレジストにおける反射率を減少または最小にすることによって、ARC積層を最適化することができる。

30 【0073】通常のARCと本発明になるARC積層とを用いて、基盤層の肉厚変動の影響を比較するシミュレーションを行った。通常のARCは n が 1.77、 k が 0.24 の肉厚 99 nm の有機ARCで構成した。ARC積層には第1および第2ARC層を含めた。第1ARC層は n が 2.08、 k が 0.56 の肉厚 70 nm のDARCから構成されて吸収モードで動作し、第2ARC層は n が 1.77、 k が 0.24 の肉厚 45 nm の有機ARCで構成した。ARCは基盤層であるホウケイ酸ガラス(BSG) 上に形成させた。

40 【0074】図3ではARC/レジスト界面における反射率をBSG層の肉厚変化の関数として測定している。ライン90は通常のARCを用いるレジストにおける反射率をBSG肉厚の関数として、ライン95はARC積層を用いるレジストにおける反射率をプロットする。ライン90から通常のARCはBSGの肉厚によって変化する反射率を产生する。これは芳しくないCD制御をもたらすので望ましくない。これに反し、ライン95はA

RC／レジスト界面でほとんどゼロの反射率を示す。これはレジスト中に定常波が存在しないこと、レジストにおける反射率が基盤層の肉厚に無関係であることを示唆し、CD制御の改良をもたらす。

【0075】本発明を特に図示し、かつ様々な実施態を参照して記載したが、数多の変更と変形とをこの発明の精神及びその範囲から逸脱することなく行うことができるることは当業者には理解されるであろう。従って本発明の範囲は前記の記載から定められるのではなく、特許請求の範囲の記載及びそれと等価な全範囲によって決定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のARCの1実施態を示す図。

【図2】レジスト／ARC界面での反射率を第2ARCの肉厚の関数として示したグラフ。

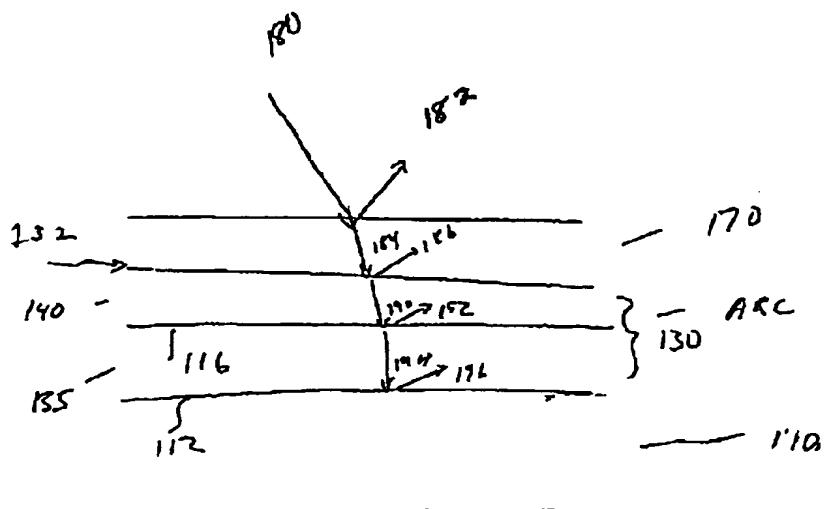
【図3】ARC／レジスト界面における反射率をBSG

層の肉厚変動の関数として示したグラフ。

【符号の説明】

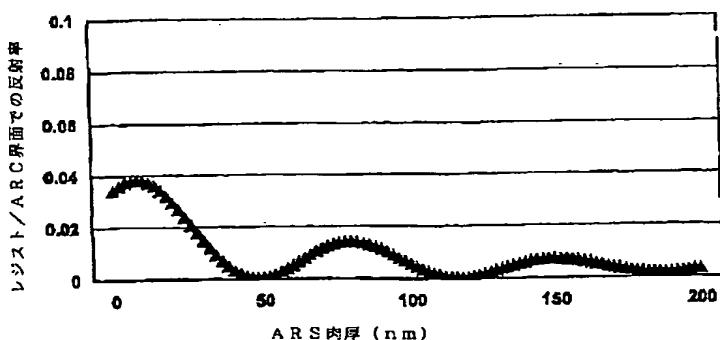
- 110 半導体の基板
- 116 第2ARC下表面
- 130 ARC層
- 132 第2ARC上表面
- 135 第1ARC層
- 140 第2ARC層
- 170 レジスト層
- 180 光の線束
- 182 レジストで反射される光
- 184 レジスト内に透過する光
- 186 第2ARC層の界面で反射される光
- 190 第2ARC層を透過する光
- 192 第1ARC層の界面で反射される光
- 194 第1ARC層を経由して透過する光

【図1】

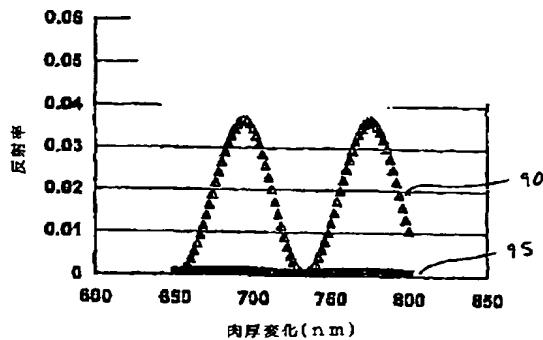


【図2】

提案のARC積層に関する有機ARCの肉厚の関数としての反射率



【図3】



フロントページの続き

(71)出願人 399035836

1730 North First Street
et, San Jose, CA, USA

(72)発明者 チーアン ルー

アメリカ合衆国 ニューヨーク ポーキー^{プシー} マロニー ロード 510 アパートメント 25ジー

(72)発明者 シャオミン イン

アメリカ合衆国 ニューヨーク ワッピンガーズ フォールズ チェルシー リッジ ドライヴ 28イー